

CAPOT POUR VEHICULE MUNI D'UNE PAROI PRINCIPALE ET D'UNE DOUBLURE

L'invention concerne les capots de véhicule automobile.

On connaît des capots en matériau métallique tel que l'acier ou l'aluminium. De tels capots ont pour inconvénient d'être chers ou d'un poids
5 élevé. De plus, ils sont munis d'une doublure servant de renfort à la paroi principale du capot qui présente des zones de rigidité importante s'avérant défavorables en cas du choc de la tête d'une personne sur le capot.

On rappelle ci-après deux cahiers des charges pour un choc pléton :

- EEVC Wg10 : il correspond au choc d'une tête de 2,5 kg contre le capot à
10 une vitesse d'impact de 40 km/h. Le HIC (*Head Injury Criterium* ou critère de blessure de tête) est inférieur à 1000 (EEVC);
- ACEA ph1 : le choc d'une tête de 3,5 kg contre le capot à 35 km/h. Dans ce cas des valeurs de HIC de 2000 sont acceptées sur un tiers de la surface du capot.

15 Par ailleurs, les contraintes du cahier des charges statique sont les suivantes :

- indentation ou sensation de rigidité au toucher : sous effort, les déformations doivent être limitées sur le contour du capot et au centre du capot;
- 20 - la sensation de rigidité à la manoeuvre : l'angle de torsion sous le poids propre du capot doit être faible ; et
- la robustesse : le capot étant en position ouverte, en appui sur une béquille rigide, associé à une charge sur le bord du capot, les contraintes maximales admissibles doivent être inférieures aux contraintes de limite élastique des
25 matériaux utilisés.

D'autres contraintes sont par ailleurs à respecter pour la conception d'un capot :

- il doit autoriser la peinture en ligne et donc pouvoir être soumis à une température maximale d'exposition de 205°C pendant 30 minutes;

- il doit présenter un aspect de classe A;
- il doit respecter le design et l'architecture du véhicule;
- il doit absorber l'énergie d'un impact au plus tôt de celui-ci;
- il est nécessaire de prévoir un système d'assemblage de la peau ou de la doublure; et
- il doit permettre l'intégration des fixations telles que chamière, gâche, etc.

Les zones concernées par l'impact de la tête sont délimitées selon les cas où le piéton est un enfant ou un adulte. Ainsi, pour des capots de petite dimension, le choc d'une tête d'enfant s'applique sur l'ensemble de la surface du capot. Dans le cas d'un capot de grande taille, le choc de la tête d'un enfant s'applique sur l'avant et le choc de la tête d'un adulte sur l'arrière du capot.

Lors d'un impact, une décélération de la tête est admise si elle ne dure pas trop longtemps. Le critère HIC prend en compte des paramètres d'accélération et de temps définissant un seuil de tolérance. C'est ainsi que si l'on représente l'accélération subie par la tête en fonction du temps, la courbe correspondante peut présenter un pic. Dans ce cas, le HIC maximum est calculé par l'aire sous le pic. Une telle courbe a été illustrée par exemple à la figure 1. Pour un capot métallique, par exemple en aluminium, la courbe de décélération subie par la tête peut être décomposée en plusieurs phases :

- la phase initiale A correspond à la mise en contact de la tête avec la peau : la rigidité du matériau métallique influence la déformation de la peau et le niveau de décélération;
- durant la phase suivante B, c'est la déformation de la doublure du capot qui intervient : la courbe d'accélération augmente soit jusqu'au contact de la tête avec un point dur de la structure du véhicule, soit jusqu'à dissipation de l'énergie d'impact; et
- durant la phase finale C qui est fonction de la position de l'impact, le contact avec un point dur se produit : le pic de décélération est alors à son maximum.

On a illustré de façon similaire à la figure 2 des courbes correspondant à des capots à paroi principale en acier et doublure en acier et à paroi principale en aluminium et doublure en aluminium. Comme le montre cette figure, la doublure acier est plus rigide que la doublure en aluminium. On observe donc qu'il y a moins d'énergie à dissiper au contact avec le point dur et un décalage du pic dans le temps avec le capot acier-acier.

On connaît par ailleurs des capots dont la doublure est faite en un matériau fragile, ce qui engendre un comportement différent du capot lors d'un choc. C'est le cas du capot du document WO 03/004263. On a ainsi illustré à la figure 3 la courbe (2) correspondant à un capot ayant une paroi principale en aluminium et une doublure dans une matière plastique obtenue par moulage de prémix (BMC ou *Bulk Moulding Compound*). On observe que la phase A est commune avec celle (1) du capot aluminium-aluminium de sorte que la rigidité de la paroi principale ou peau est prépondérante. Dans le cas de la doublure fragile, la phase B ne montre pas d'augmentation de l'accélération car la rupture se produit sous l'effort de la tête. Le pic C qui correspond au contact avec le point dur est important. Il s'avère par conséquent que l'énergie dissipée par la rupture de la doublure est insuffisante.

Le brevet WO 03/004263 présente en particulier un capot composé d'un ensemble peau et doublure, cette dernière étant en matériau fragile laminé. Cette conception de doublure ne permet pas de respecter les critères de robustesse en statique. Un tel capot ne s'avère pas satisfaisant si l'on prend en compte les points durs représentatifs de la structure du véhicule.

Un but de l'invention est de fournir un capot présentant un comportement plus satisfaisant.

A cet effet, on prévoit selon l'invention un capot pour véhicule comportant :

- une paroi comprenant un premier matériau; et

- une doublure comprenant un deuxième matériau plus fragile que le premier matériau, la doublure comprenant des nervures.

De façon surprenante, et comme on le verra par la suite, la présence des nervures permet de modifier de façon très sensible le comportement du capot en le rendant tout à fait conforme aux cahiers des charges précités.

Le capot selon l'invention pourra présenter en outre au moins l'une quelconque des caractéristiques suivantes :

- au moins l'une des nervures est plane;
- au moins deux des nervures sont perpendiculaires entre elles;
- 10 - au moins deux des nervures sont parallèles entre elles;
- au moins une des nervures est perpendiculaire à la paroi;
- les nervures s'étendent sur une partie seulement de la surface de la doublure;
- les nervures s'étendent dans au moins une zone de la doublure choisie
15 parmi :
 - une moitié avant ;
 - une moitié arrière ; et
 - une zone de bord latéral avant ;
- certaines au moins des nervures s'étendent suivant une direction générale
20 perpendiculaire à une direction du bord du capot le plus proche de ces nervures.
- certaines au moins des nervures sont inclinées par rapport à une direction longitudinale du véhicule ;
- certaines au moins des nervures sont constituées chacune par une paroi de
25 nervure plane unique ;
- certaines au moins des nervures présentent des bords longitudinaux libres d'extrémité ;
- certaines au moins des nervures forment des cellules mutuellement contiguës ouvertes, notamment vers le haut ;
- 30 - l'une au moins des nervures n'est pas en contact avec la paroi ;
- la doublure comprend au moins un pontet ;

- le pontet ou l'un au moins des pontets a une forme allongée suivant un axe rectiligne, par exemple parallèle à une direction longitudinale du véhicule ;
- le pontet ou l'un au moins des pontets a une forme allongée suivant un axe non rectiligne ;
- 5 - le pontet ou l'un au moins des pontets n'est pas en contact avec la paroi ;
- la paroi étant la paroi du capot, le pontet ou au moins l'un des pontets comprend une paroi de pontet localement parallèle à la paroi du capot et sans contact avec cette dernière ;
- la paroi de pontet s'étend du côté du pontet qui est le plus proche du capot ;
- 10 - le premier matériau comprend un métal tel que de l'acier ou de l'aluminium ;
et
- le deuxième matériau est choisi dans le groupe constitué par :
 - un thermodur obtenu par moulage de préimprégnés;
 - un thermodur obtenu par moulage de premix; et
 - 15 - un thermoplastique renforcé par des fibres.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront encore dans la description suivante de deux modes préférés de réalisation donnés à titre d'exemples non limitatifs en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- 20 - les figures 1 à 3 sont trois graphiques illustrant l'évolution de l'accélération en fonction du temps lors d'un choc pour différents types de capots, le capot selon un premier mode préféré de réalisation de l'invention correspondant à l'une des courbes de la figure 3;
- la figure 4 est une vue en perspective de la doublure du capot selon le
25 premier mode de réalisation de l'invention, la paroi principale ayant été ôtée ;
- la figure 5 est une vue partielle en perspective à plus grande échelle du capot de la figure 4 ;
- la figure 6 est une vue en plan du capot de la figure 4 avec la paroi principale;
- 30 - la figure 7 illustre la courbe type d'un matériau fragile;

- les figures 8 et 9 montrent des résultats de tests respectivement pour le capot de la figure 4 et un capot de l'art antérieur;
- les figures 10 et 11 montrent également des résultats de ces tests ;
- la figure 12 est un graphique analogue à celui des figures 1 à 3 montrant
5 les résultats de différents types de tests ;
- la figure 13 est une vue schématique du capot en position relevée sur sa béquille;
- les figures 14 et 15 sont deux vues en section montrant l'impact d'un capot avec un impacteur de test respectivement dans le cas d'un capot de l'art
10 antérieur et dans le cas du capot de la figure 4;
- la figure 16 est un diagramme illustrant les contraintes maximales dans différents capots ;
- la figure 17 est une vue en perspective de la doublure d'un capot selon un deuxième mode préféré de réalisation de l'invention ;
- 15 - la figure 18 est une vue en plan de la moitié gauche de la doublure de la figure 17 ; et
- la figure 19 est une vue en section de la doublure suivant le plan XIX-XIX de la figure 18.

On a illustré à la figure 4 une vue en perspective montrant
20 l'agencement général d'un capot selon un premier mode préféré de réalisation de l'invention. La figure 5 est une vue à plus grande échelle du coin gauche du capot de la figure 4 montrant une partie de la doublure par transparence, c'est-à-dire comme si la paroi principale avait été ôtée. La paroi principale du capot est par ailleurs illustrée à la figure 6 qui illustre le
25 capot en vue en plan.

Le capot 2 comprend ainsi une paroi principale externe 4 qui est ici en métal. Il s'agit en l'espèce d'aluminium. Elle comprend en outre une doublure interne 6 destinée à être fixée contre la face interne de la paroi principale 4 en étant par conséquent invisible depuis l'extérieur du véhicule.
30 La doublure 6 s'étend sur une partie seulement de la surface de la paroi 4 (et

plus précisément *sous* cette surface). C'est ainsi qu'elle s'étend le long des bords arrière 8, avant 10, gauche 12 et droit 14 de la paroi principale 4.

La doublure 6 présente des nervures 20. Ces nervures s'étendent sur une ou plusieurs parties seulement de la doublure 6, en l'espèce au niveau des coins arrière gauche 22 et droit 24 de la paroi principale 4. Les nervures 20 de chaque zone sont ici toutes planes et perpendiculaires au plan général de la paroi 4. De plus, comme illustré à la figure 5, cinq des nervures sont parallèles entre elles, à distance les unes des autres et en regard les unes des autres. Elles s'étendent sensiblement suivant la direction de marche du véhicule. Elles sont de surcroît perpendiculaires à une autre des nervures qui intercepte chacune des cinq nervures précitées. Les nervures forment ainsi un réseau ou quadrillage à cellules contiguës ouvertes vers le haut, ces cellules n'étant pas obturées en partie supérieure par la paroi supérieure 4, comme le montre la figure 15.

Ainsi que cela ressort des dessins, la nervure qui intercepte les autres s'étend suivant une direction générale parallèle au plan général du capot et perpendiculaire à la direction du bord latéral 12 du capot qui est le plus proche de cette nervure. Toutes les nervures sont constituées ici chacune par une paroi de nervure plane unique. Elles présentent des bords longitudinaux supérieurs libres d'extrémité s'étendant à distance de la paroi 4.

La doublure 6 avec les nervures 20 est constituée en un matériau plus fragile que le matériau de la paroi 4. Les caractéristiques typiques d'un matériau fragile ont été illustrées sur la courbe de la figure 7 qui montre l'évolution de la contrainte subie par un tel matériau en fonction de sa déformation. On distingue ainsi une première phase au cours de laquelle cette contrainte augmente en fonction de la déformation jusqu'à culminer à une limite à la rupture correspondant au point de fissuration. Dans la phase ultérieure, la contrainte va diminuant à mesure que la déformation augmente jusqu'à s'annuler au point de rupture correspondant à une érosion de l'élément.

Le matériau fragile sera en l'espèce une matière plastique. On pourra de préférence le choisir dans les familles suivantes :

- un thermodur obtenu par moulage de pré-imprégné (*Sheet Moulding Compound* ou SMC);
- 5 - un thermodur obtenu par moulage de premix (*Bulk Moulding Compound* ou BMC) comme c'est le cas ici; et
- un thermoplastique renforcé par des fibres.

On a illustré sur la figure 3 la courbe (3) correspondant au capot qui vient d'être présenté. On observe que la phase A est différente des cas
10 précédents. Elle présente une accélération plus importante due à la rigidité de la doublure, rigidité complémentaire à la rigidité de la paroi 4 ou peau. La phase B est représentative d'un comportement de doublure fragile comme on l'a expliqué plus haut. Par contre, ce cas montre que l'énergie dissipée par la rupture de la doublure nervurée est importante et que le contact avec le point
15 dur se produit sans pic d'accélération. Ainsi, la fenêtre de temps de calcul du HIC est plus large avec des accélérations plus faibles. Dans ces conditions, la valeur de HIC répond au cahier des charges piéton.

On a par exemple illustré aux figures 8 et 10 les résultats du test du capot précité selon l'invention lors d'un choc enfant, la position des
20 impacteurs étant illustrée à la figure 6. Comme on le voit, le HIC est inférieur à 2000 sur l'ensemble du capot et inférieur à 1000 sur l'une des zones qui est ici une zone centrale. A contrario, on a illustré aux figures 9 et 11 un test semblable sur un capot acier-acier de l'art antérieur : en certains endroits, le HIC est supérieur à 3500.

On a constaté que le choix de l'impacteur avait aussi une influence
25 sur le comportement du capot lors d'un choc piéton. Ainsi, on a illustré à la figure 12 plusieurs courbes, en particulier des courbes (4) et (5) qui représentent le comportement d'un capot aluminium-aluminium selon l'art antérieur selon deux cahiers des charges : avec des impacteurs EEVC et
30 ACEA ph1. Les phases A, B et C décrites précédemment sont identifiables sur chacune des deux courbes. On observe que le niveau global

d'accélération de la courbe (5) est nettement inférieur à celui de la courbe (4). Ce phénomène s'explique par la vitesse d'impact qui est inférieure lors d'un choc ACEA. Les accélérations et niveaux d'énergie sont inférieurs et la fenêtre de temps de calcul du HIC est plus large en ACEA, de sorte que la valeur du HIC est réduite.

Néanmoins, ce phénomène est identifiable quel que soit le type de capot. Ainsi, la courbe (6) présente le comportement d'un capot acier-acier de l'art antérieur et la courbe (7) présente le comportement du capot selon l'invention décrit ci-dessus. Dans ce dernier cas, le HIC est réduit de 50% et répond tout à fait au cahier des charges piéton.

On a par ailleurs illustré aux figures 14 et 15 deux exemples de position des impacteurs respectivement au-dessus d'un capot de l'art antérieur avec sa doublure métallique et au-dessus du capot précité 2 selon l'invention avec la doublure nervurée 6 en matériau synthétique.

Par ailleurs, le capot selon l'invention répond de façon satisfaisante au cahier des charges statique. Ainsi, on a illustré à la figure 13 de façon schématique le capot selon l'invention, en position ouverte sur une béquille. Une simulation indique que les contraintes maximales observées dans les zones sollicitées de la peau et de la doublure ne sont pas excessives. Ainsi, les contraintes subies par la doublure sont inférieures à celles subies par une doublure métallique et toujours inférieures à la limite élastique du matériau, ici de 80 Mpa. Par conséquent, la doublure précitée 6 en BMC ne présente pas de déformation irréversible. Dans un capot selon l'invention, la paroi principale 4 a toujours un niveau de contrainte plus élevé que la doublure 6, la rigidité de la doublure étant inférieure et la paroi principale travaillant davantage de sorte que la contrainte augmente. On a illustré à la figure 16 à titre de comparaison les niveaux de contraintes subies dans les zones de contrainte maximale pour différents capots de l'art antérieur et celui de l'invention.

On pourra réaliser la doublure 6 du capot précité 2 en moulage par injection ou compression. Cette doublure est ensuite assemblée à la peau 4

par collage ou sertissage. Par exemple, on pourra faire en sorte que la colle soit prépolymérisée lors de la mise en position de la doublure sur la peau. Lors du passage ultérieur en température du capot après traitement en cataphorèse, le processus de polymérisation de la colle s'achève. Le capot
5 peut ensuite être peint en même temps que le reste de la caisse du véhicule.

On a illustré un deuxième mode préféré de réalisation de l'invention aux figures 17 à 19. Le capot 102 de ce deuxième mode est semblable à celui du premier mode sauf en ce qui concerne certaines des caractéristiques, parmi celles qui suivent, concernant la doublure 106. La
10 doublure est symétrique par rapport au plan longitudinal médian du capot et du véhicule.

La doublure 106 comprend un premier jeu de nervures 120 formant une zone 130 en forme de bande le long du bord arrière 8. Cette zone s'étend dans le tiers arrière de la doublure et sur une largeur égale environ
15 aux 4/5 de la largeur de la doublure à cet endroit. Dans cette zone, les nervures 130 s'étendent suivant la direction longitudinale du véhicule. Elles sont ici au nombre de 14 mais ce nombre pourrait être augmenté ou réduit.

La doublure comprend deux autres jeux 132, 134 de nervures 120 s'étendant dans la moitié avant de la doublure respectivement le long des
20 bords gauche 12 et droit 14. Les nervures sont orientées en plan suivant une direction parallèle au plan général de la doublure et perpendiculaire localement au bord 12, 14 dont elles sont le plus proche. Elles sont, en plan, inclinées par rapport à la direction longitudinale du véhicule. Les nervures sont ici au nombre de 5 de chaque côté mais ce nombre pourrait être
25 modifié.

La doublure comprend un jeu avant 136 de nervures 120. Ce jeu s'étend dans la moitié avant de la doublure, à distance du bord avant 10 et à proximité du bord avant 138 d'une ouverture centrale 137 de la doublure, ce bord ayant une forme courbe dont le centre de courbure est du côté du bord
30 opposé à l'ouverture 137. Les nervures sont orientées de la même façon que celles de la zone 130 et sont ici au nombre de 14. Toutes les nervures des

zones précitées sont chacune constituées d'une unique paroi plane verticale (dans les zones arrière 130 et avant 136) ou inclinée par rapport à la verticale (zones latérales 132, 134). Elles sont donc de même perpendiculaires à la paroi 4 du capot ou inclinées par rapport à cette dernière.

Au moins certaines des nervures de chaque zone sont parallèles entre elles (zones latérales 132, 134), voire toutes parallèles entre elles (zones arrière 130 et avant 136).

Toutes ces nervures présentent des bords libres longitudinaux supérieurs 141 d'extrémité. Comme on le voit sur la figure 19, ce bord, dans les zones latérales 132, 134, s'étend à distance de la paroi 4 du capot. Il pourra en être de même pour les autres nervures précitées.

Ces nervures forment deux à deux des cellules mutuellement contiguës ouvertes, vers le haut en l'espèce. Les nervures sont reliées à la paroi de la doublure par leur bord longitudinal inférieur, comme illustré à la figure 19.

Certaines zones de la doublure sont dépourvues de nervures telles que la zone longeant le bord avant 10 ou les coins arrière gauche 22 et droit 24.

La doublure 106 comprend en outre en l'espèce des pontets 140, 142.

Les pontets 140 s'étendent à l'avant, le long du bord avant 10 et en avant de la zone 136. Ils sont ici au nombre de 6 mais ce nombre pourrait varier. Les pontets 140 sont profilés suivant un axe rectiligne parallèle à la direction longitudinale du véhicule. Ils sont espacés les uns des autres.

Les pontets 140, 142 s'étendent dans les coins arrière gauche 22 et droit 24. Ils sont profilés suivant un axe courbe mais compris dans le plan général de la doublure. Chaque coin comprend une paire de pontets 142 de forme courbe en plan, épousant le contour local du coin de l'ouverture 137 et avec un centre de courbure situé du même côté du pontet que l'ouverture.

Tous les pontets 140, 142 ont ici un profil en « U » renversé, la base du « U » formant le sommet du pontet et sa partie la plus proche de la paroi 4. Le sommet est formé par une paroi de pontet qui est plane, en regard de la paroi 4, parallèle à celle-ci localement, et à distance de cette dernière. Les pontets n'ont pas tous la même épaisseur et, dans chaque pontet, cette épaisseur varie le long du pontet, son sommet demeurant localement parallèle à la paroi 4.

Bien entendu, on pourra apporter à l'invention de nombreuses modifications sans sortir du cadre de celle-ci.

10 On pourrait remplacer tout ou partie des pontets par des renforts de forme tronconique dont l'axe serait perpendiculaire au plan général du capot.

La paroi principale pourra être en acier plutôt qu'en aluminium. Elle pourra être fabriquée en au moins un matériau composite comprenant une matière plastique et des fibres de verre. Ce matériau pourra constituer la paroi principale à lui seul.

15 Elle pourra aussi être en une tôle sandwich composée par exemple de deux couches métalliques externes de part et d'autre d'une couche centrale en matière plastique. Dans un tel cas, la paroi 4 comprend donc un matériau composite formé d'au moins deux matériaux et le matériau de la doublure doit être plus fragile que le matériau composite de la paroi.

20 On pourra prévoir que la doublure soit montée sur le capot alors que le véhicule est sur la ligne de montage, après le passage en cataphorèse et juste avant le passage du véhicule au poste de peinture. La doublure devra alors résister à une température d'exposition d'environ 120°C.

25 Alternativement, on pourra envisager de peindre la doublure avant son montage sur le véhicule, par exemple chez un sous-traitant du constructeur. Elle devra cette fois résister à une température d'environ 80°C.

On pourra réaliser un capot pour véhicule comprenant :

- une paroi comprenant un premier matériau ;
- 30 - une doublure comprenant un deuxième matériau plus fragile que le premier matériau et des renforts tels que des pontets, sans comprendre de nervure.